

P A T E N T

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:
Irmer, et al.
Application No.:
Filed: Herewith

For: MEASURING METHOD ON AN ELECTRIC MOTOR AND MEASURING DEVICE FOR AN ELECTRIC MOTOR FOR DETERMINING THE FLY HEIGHT AND/OR AXIAL PLAY

MAIL STOP PATENT APPLICATION
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as Express Mail (No. EV 129898463 US) addressed to MAIL STOP PATENT APPLICATION, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on April 7, 2004.

By: Carol Prentiss
Carol Prentiss

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT(S)
PURSUANT TO 35 U.S.C. 119

Dear Sir:

Enclosed herewith is the certified copy of Applicants' counterpart German application:

German patent application no. 103 16 940.7
filed April 12, 2003

upon which Applicants' claim for priority is based.

Applicants respectfully request the Examiner to acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

30

Date: April 7, 2004
ATTORNEY DOCKET NO.: HOE-812

Barry R. Lipsitz
Attorney for Applicant(s)
Registration No. 28,637
755 Main Street, Building 8
Monroe, CT 06468
(203) 459-0200

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 16 940.7
Anmeldetag: 12. April 2003
Anmelder/Inhaber: Minebea Co., Ltd.,
Nagano/JP
(vormals: Tokio/Tokyo/JP)
Bezeichnung: Messverfahren an einem Elektromotor und
Messvorrichtung für einen Elektromotor zur
Bestimmung von Abhebehöhe und/oder
axialem Spiel
IPC: G 01 B 21/16

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Anmelderin:
Minebea Co., Ltd.
18F Arco Tower
1-8-1 Shimo-Meguro
Meguro-ku
Tokyo 153 0064
JAPAN

B E S C H R E I B U N G

5

 Meßverfahren an einem Elektromotor und Meßvorrichtung für einen Elektromotor zur Bestimmung von Abhebehöhe und/oder axialem Spiel

10 Die Erfindung betrifft ein Meßverfahren an einem Elektromotor mit Rotor und Stator zur Ermittlung von Abhebehöhe und/oder axialem Spiel, wobei der Rotor an dem Stator gelagert und insbesondere fluidgelagert ist.

15 Die Erfindung betrifft ferner eine Meßvorrichtung für einen Elektromotor, mittels der eine axiale Position eines an einem Stator gelagerten und insbesondere fluidgelagerten Rotors ermittelbar ist.

20  Fluidlager oder hydrodynamische Lager werden beispielsweise für die Drehlagerung bei Spindelmotoren für Festplattenlaufwerke eingesetzt. Solche Elektromotoren weisen bei großer Robustheit und Schockresistenz eine hohe Laufruhe und Laufgenauigkeit auf. Es ist jedoch bei der Herstellung eines Fluidlagers wichtig, daß für den Lagerspalt zwischen Welle und Lageraufnahme sehr enge Toleranzen eingehalten werden. Wenn der Motor beispielsweise mit seiner Nenndrehzahl betrieben wird, dann befindet sich der Rotor in einer bestimmten relativen axialen Position (Abhebeposition oder Flugposition) zu dem Stator. Die zugehörige Flughöhe oder Abhebehöhe charakterisiert neben dem

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

axialen Spiel den Elektromotor und ist insbesondere ein Maß für die Qualität des Elektromotors.

Ein axiales Spiel gibt es auch bei Kugellagern.

5

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Meßverfahren und eine Meßvorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit der sich die axiale Position des Rotors relativ zum Stator mit hoher Genauigkeit und hoher Reproduzierbarkeit bestimmen läßt.

10

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Meßverfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Elektromotor mit einer definierten Meßdrehzahl betrieben wird, bei welcher der Rotor sich relativ zu dem Stator in einer bestimmten axialen Position befindet, wobei diese relative axiale Position be-

15

stimmt wird, daß der Rotor bei Motorstillstand definiert in eine erste Anschlagstellung relativ zum Stator gebracht wird, daß der Motor bei Motorstillstand definiert in eine der ersten Anschlagstellung gegenüberliegende zweite Anschlagstellung relativ zum Stator gebracht wird, und daß in den beiden Anschlagstellungen jeweils die relative axiale Position zwischen Rotor und Stator

20

gemessen wird.

Durch die erfindungsgemäß Vorgehensweise lassen sich subjektive Einflüsse bei der Herstellung der Anschlagstellungen ausschalten, da diese definiert hergestellt werden. Wenn die Anschlagstellungen bekannt sind, dann läßt sich

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

wiederum die Flughöhe mit hoher Genauigkeit ermitteln. Über das erfindungsgemäße Meßverfahren lässt sich die Flughöhe und gleichzeitig auch das axiale Spiel mit hoher Genauigkeit bei hoher Reproduzierbarkeit bestimmen. Innerhalb kurzer Meßzyklen lassen sich die relevanten Größen ermitteln. Insbesondere lässt sich die Messung automatisieren.

5

Vorteilhafterweise entspricht die Meßdrehzahl im wesentlichen der Nenndrehzahl des Elektromotors. Die Nenndrehzahl des Elektromotors ist diejenige Drehzahl, für welche der Elektromotor optimiert ist. Wenn die Meßdrehzahl der 10 Nenndrehzahl entspricht, dann lässt sich durch das erfindungsgemäße Meßverfahren die Abhebehöhe und das axiale Spiel eben für die Nenndrehzahl ermitteln.

10

Die Positionsmessung lässt sich auf einfache Weise mittels eines Abstandssensors durchführen. Es kann sich dabei beispielsweise um einen kapazitiven Sensor handeln. Es können auch andere berührungslose Sensoren wie induktive Sensoren, optische Sensoren oder gegebenenfalls magnetische Sensoren oder Ultraschallsensoren verwendet werden. Insbesondere wird dabei der Stator ortsfest gehalten und die relative axiale Position zwischen Stator und 20 Rotor gemessen. Es ist dazu insbesondere ein ortsfester Abstandssensor vorgesehen. Änderungen der Relativposition zwischen Stator und Rotor lassen sich dann über den Abstandssensor erfassen.

20

25

Besonders vorteilhaft ist es, wenn zur Einstellung der entsprechenden Anschlagstellung der Rotor gegen den Stator gedrückt wird. Durch Bestimmung

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

dieser Anschlagstellung läßt sich dann über das Signal des entsprechenden Abstandssensors die Flughöhe und das axiale Spiel bestimmen.

Die entsprechende Anschlagstellung läßt sich definiert erreichen, wenn das

5 Andrücken des Rotors gegen den Stator mittels Druckluft erfolgt. Dadurch läßt sich der Anpreßvorgang steuern und so die entsprechende Anschlagstellung definiert erreichen.

10 Insbesondere kann es vorgesehen sein, daß Druckluft-Pulse zum Andrücken des Rotors gegen den Stator eingesetzt werden. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn weniger als zehn Pulse pro Minute verwendet werden, um die entsprechende Anschlagstellung einzustellen.

15 Zur Einstellung der weiteren Anschlagstellung ist es vorteilhaft, wenn der Rotor vom Stator weggezogen wird. Dies erfolgt beispielsweise über Unterdruckbeaufschlagung.

20 Dazu kann eine Druckglocke vorgesehen werden, über welche auf den Rotor ein entsprechender Unterdruck ausübar ist, um diesen vom Stator wegziehen.

Ganz besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Druckglocke kardanisch aufgehängt wird, um deren Einfluß auf das Meßergebnis zu minimieren.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Eine hohe Präzision in der Bestimmung der Abhebehöhe und des axialen Spiels läßt sich erreichen, wenn die Verformung eines in den Anschlagstellungen kraftbeaufschlagten Teils des Elektromotors gemessen wird. In den Anschlagstellungen liegen Teile kraftbeaufschlagt aneinander an, so daß diese eine

5 Kraft aufeinander ausüben. Diese Kraft äußert sich in einer Verformung, die durch den Abstandssensor mitgemessen wird oder durch einen weiteren Sensor ermittelt wird. Die von dem Abstandssensor gelieferten Werte müssen um die Verformung korrigiert werden, da bei Betrieb des Elektromotors, wenn der Rotor über dem Stator in seiner Flughöhe liegt, eben keine solche Ver-
10 formung vorliegt. Über die Messung der Verformung läßt sich eine solche Korrektur durchführen.

15 Insbesondere ist dabei ein Abstandssensor zur Verformungsmessung vorgesehen. Dieser Abstandssensor ist dabei auf den Stator ausgerichtet, um entsprechende Verformungen messen zu können.

20 Vorteilhafterweise ist der Verformungs-Abstandssensor zu einer zentralen Achse einer Welle des Elektromotors ausgerichtet koaxial oder in einem solchen Abstand zu dieser angeordnet, daß sein Gesichtsfeld in einer Projektion der Anschlagfläche in einer Lageraufnahme für die Welle liegt. Dadurch läßt sich die Verformung auf einfache Weise bestimmen, nämlich über eine Abstandsänderung zwischen dem Stator und dem Abstandssensor.

25 Insbesondere ist dabei der Verformungs-Abstandssensor auf eine Grundplatte des Stators ausgerichtet.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Ein Gesichtsfeld des Verformungs-Abstandssensors liegt dabei in Gegenrichtung zu einem Gesichtsfeld eines Abstandssensors zur Ermittlung der relativen Position zwischen Rotor und Stator. Der Abstandssensor zur Ermittlung der

5 relativen Position zwischen Rotor und Stator mißt (auf relative Weise) die Abhebehöhe des Rotors relativ zum Stator. Der Verformungs-Abstandssensor mißt die Verformung insbesondere einer Grundplatte des Elektromotors.

Bei der Bestimmung der Abhebehöhe und/oder des axialen Spiels des Rotors 10 über die Anschlagstellung oder Anschlagstellungen wird dann die Verformung der Anschlagflächen aufgrund einer Kraftausübung berücksichtigt. Dadurch läßt sich die Abhebehöhe und die Flughöhe des Rotors relativ zum Stator mit hoher Genauigkeit und hoher Reproduzierbarkeit auch bei Größenordnungen von 10 μm und kleiner ermitteln.

15

Insbesondere ist es vorgesehen, daß zuerst der Elektromotor mit einer bestimmten Meßdrehzahl betrieben wird, dann bei Motorstillstand der Rotor vom Stator zur Einstellung der ersten Anschlagstellung weggezogen wird und anschließend zur Einstellung der zweiten Anschlagstellung der Rotor gegen den 20 Stator gedrückt wird oder zuerst der Rotor gegen den Stator gedrückt wird und dann der Rotor vom Stator weggezogen wird. Bei einem solchen erfindungsgemäßen Meßverfahren läßt sich mit hoher Reproduzierbarkeit, kleinen Taktzeiten und hoher Genauigkeit die Abhebehöhe und das axiale Spiel ermitteln. Insbesondere läßt sich ein solches Meßverfahren automatisch durch- 25 führen.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Die eingangs genannte Aufgabe wird bei der gattungsgemäßen Meßvorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Druck- und Zugvorrichtung vorgesehen ist, mittels der der Rotor und der Stator relativ zueinander definiert in

5 eine erste axiale Stellung bringbar sind, in welcher der Rotor in einer ersten Anschlagstellung relativ zum Stator anliegt, und in eine zweite Anschlagstellung bringbar sind, in welcher der Rotor in einer gegenüberliegenden zweiten Anschlagstellung relativ zum Stator liegt.

10 Über die Druck- und Zugvorrichtung lassen sich in einer Meßvorrichtung beide Anschlagstellungen definiert einstellen. Es lassen sich dann Abhebehöhe (Flughöhe) und axiales Spiel des Rotors relativ zum Stator mit hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit ermitteln.

15 Insbesondere ist dabei die Druck- und Zugvorrichtung gepulst betreibbar, um ein gesteuertes, definiertes Erreichen der Anschlagstellungen gewährleisten zu können.

20 Insbesondere ist der Elektromotor über die Druck- und Zugvorrichtung mittels Druckluft beaufschlagbar und mit Unterdruck beaufschlagbar, um so einen Anpreßdruck und eine Zugkraft erzeugen zu können.

25 Beispielsweise umfaßt die Druck- und Zugvorrichtung eine Druckglocke zum Wegziehen des Rotors vom Stator. Ferner kann ein Druckzylinder zur Herstellung einer Anpreßkraft des Rotors gegen den Stator vorgesehen sein.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Insbesondere ist die Druck- und Zugvorrichtung kardanisch aufgehängt, um deren Einfluß auf das Meßergebnis zu minimieren.

- 5 Weiterhin ist es vorgesehen, daß ein Abstandssensor zur Ermittlung der relativen axialen Position zwischen Stator und Rotor vorgesehen ist, da sich dann die relative axiale Position als Abstandsinformation auf einfache Weise ermitteln läßt. Insbesondere ist dabei der Abstandssensor ortsfest positioniert, um so eine Abstandsinformation zu erhalten.
- 10
- 15 Weiterhin ist es günstig, wenn ein Verformungssensor zur Ermittlung der Verformung eines über die Druck- und Zugvorrichtung kraftbeaufschlagten Bereichs des Elektromotors vorgesehen ist, wobei der Verformungssensor insbesondere einen Abstandssensor umfaßt oder durch einen solchen Abstandssensor gebildet ist.
- 20
- Auch der Verformungssensor ist vorzugsweise ortsfest positioniert, um so Verformungen als Abstandsinformation genau erfassen zu können.
- 25 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung wurden im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Meßverfahren erläutert.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Die nachfolgende Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

5 Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels eines Elektromotors (Spindelmotor) mit einem fluidgelagerten Rotor;

10 Figur 2 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Meßvorrichtung, mit der die Abhebehöhe des Rotors relativ zum Stator bestimmbar ist und

15 Figur 3 ein Beispiel für Meßsignale, aus denen die Abhebehöhe (fly height) und das axiale Spiel bestimmbar sind.

20 Ein Ausführungsbeispiel eines Elektromotors, welcher eine fluidgelagerte Welle aufweist, ist in Figur 1 schematisch gezeigt und dort als Ganzes mit 10 bezeichnet. Dieser Elektromotor 10 weist einen Stator 12 und einen Rotor 14 auf. Der Rotor 14 ist bezüglich des Stators 12 um eine Achse 16 drehbar gelagert.

25 Zur Lagerung des Rotors 14 an dem Stator 12 ist ein Fluidlager 18 (hydrodynamisches Lager) vorgesehen. Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt das Fluidlager 18 eine Welle 20, welche drehfest an dem Stator 12 sitzt. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die Welle drehfest an dem Rotor 14 sitzt (in der Zeichnung nicht gezeigt). Die Welle 20 ist in einer

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Lageraufnahme 22 (Lagerhülse) des Rotors 14 aufgenommen. Zwischen der Lageraufnahme 22 und der Welle 20 ist ein Lagerspalt 24 gebildet, welcher mit einem Schmiermittel gefüllt ist, um eine hydrodynamische Schmierung zu erzielen.

5

Die Welle 20 weist eine Struktur 26 zur Verwirbelung des Schmiermittels bei Rotation des Rotors 14 um die Drehachse 16 auf. Eine entsprechende Struktur kann alternativ oder zusätzlich an der Lageraufnahme 22 der Welle 20 zugewandt gebildet sein.

10

Die Welle 20 umfaßt eine Druckscheibe 28 (thrust plate), welche an dem dem Stator 12 abgewandten Ende der Welle 20 sitzt. Diese Druckscheibe 28 weist bezogen auf die Drehachse 16, welche mit einer zentralen Achse der Welle 20 zusammenfällt, einen größeren Querschnitt auf als die Welle 20 unterhalb dieser Druckscheibe 28.

15

Die Lageraufnahme 22 ist der Druckscheibe 28 zugewandt durch ein Widerlager 30 (counter plate) begrenzt, wobei dieses Widerlager 30 insbesondere scheibenförmig ausgebildet ist. Die Lageraufnahme 22 umfaßt einen ersten Bereich 32, in welchem die Druckscheibe 28 geführt ist, und einen auf den ersten Bereich 32 folgenden zweiten Bereich 34, in welchem der Abschnitt der Welle 20 unterhalb der Druckscheibe 28 geführt ist. Der erste Bereich 32 weist einen größeren Querschnitt auf als der zweite Bereich 34 der Lageraufnahme 22. Die Höhe des zweiten Bereichs 34 parallel zur Achse 16 ist größer als die entsprechende Höhe des ersten Bereichs 32. Der erste Bereich 32 hat die

20

25

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Form einer Hohlscheibe, während der zweite Bereich 34 die Form eines Hohlzylinders hat.

An dem Rotor 14 ist ein Magnet 36 oder sind mehrere entsprechende Magnete

5 gehalten, welche einer Magnetfelderzeugungseinrichtung 38 des Stators 12 zugewandt sind. Diese Magnetfelderzeugungseinrichtung 38 umfaßt Wicklungen 40.

Der Stator 12 selber weist eine Grundplatte 42 (base plate) auf.

10

Der erste Bereich 32 der Lageraufnahme 22, in welchem die Druckscheibe 28 gelagert ist, hat eine Höhe H, welche größer ist als die entsprechende Höhe der Druckscheibe 28. Dadurch ist eine erste Anschlagstellung 44 definiert, bei welcher die dem Stator 12 zugewandte Seite der Druckscheibe 28 in ihrem 15 ringförmigen Bereich an der dem Widerlager 30 zugewandten Begrenzungswand des ersten Bereichs 32 anschlägt, wobei dieser Begrenzungsbereich ebenfalls ringförmig ist.



20 Eine zweite Anschlagstellung 46 ist dadurch definiert, daß die dem Widerlager 30 zugewandte Oberfläche der Druckscheibe 28, welche kreisförmig ist, an das Widerlager 30 anschlägt.

Die Höhendifferenz zwischen der ersten Anschlagstellung 44 und der zweiten Anschlagstellung 46 wird auch als axiales Spiel (axial play) des Elektromotors

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

bezeichnet. Bei Spindelmotoren, die in Festplattenlaufwerken eingesetzt werden, liegt der Wert des axialen Spiels in der Größenordnung von 10 µm.

Wenn der Rotor 14 um die Drehachse 16 rotiert, dann hebt er vom Stator 12

5 ab, d. h. die Druckscheibe 28 befindet sich in einer Stellung zwischen der ersten Anschlagstellung 44 und der zweiten Anschlagstellung 46. Der Rotor 14 verschiebt sich dabei relativ zu dem Stator 12 (bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 dann auch relativ zu der Welle 20) in einer axialen Höhe parallel 10 zur Achse 16 bzw. es tritt eine Relativverschiebung zwischen Rotor 14 und Stator 12 auf und damit eine Relativverschiebung der Welle 20 in der Lageraufnahme 22. Diese Position des Rotors 14 über dem Stator 12 wird auch als Flughöhe (fly height) oder Abhebehöhe bezeichnet. Diese Flughöhe bei der Nenndrehzahl des Elektromotors ist ein charakteristisches Maß für den Elektromotor 10 und charakterisiert insbesondere die Qualität des Elektromotors.

15

Durch die vorliegende Erfindung wird ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitgestellt, um diese Flughöhe zu messen:

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Meßvorrichtung zur Bestim- 20 mung der axialen Position zwischen Stator 12 und Rotor 14 bei Motordrehung, welche in Figur 2 gezeigt und dort als Ganzes mit 48 bezeichnet ist, umfaßt eine Haltevorrichtung 50, an welcher der Stator 12 fixierbar ist. Die Haltevorrichtung 50 ist dabei so ausgebildet, daß sie einen Bereich 52 unterhalb der Grundplatte 42 freiläßt, welcher koaxial zu der Drehachse 16 liegt. In diesem 25 Bereich 52 ist ein Verformungssensor 54 angeordnet, über welchen sich die

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Verformung der Grundplatte 42 im Bereich einer Projektion 56 der Welle 20 auf die Grundplatte 42 bestimmen lässt. Über diesen Verformungssensor 54 lassen sich, wie unten noch näher beschrieben wird, Korrekturen bezüglich der Bestimmung der Flughöhe und des axialen Spiels des Rotors 14 aufgrund einer

5 Verformung der Grundplatte 42 durchführen.

Bei dem Verformungssensor 54 handelt es sich insbesondere um einen Abstandssensor wie beispielsweise einen kapazitiven Sensor, welcher ortsfest bezüglich der Haltevorrichtung 50 angeordnet ist und mit seinem Gesichtsfeld 10 auf die Projektion 56 ausgerichtet ist.

Der Rotor 14 wird zur Bestimmung des axialen Spiels definiert in die erste Anschlagstellung 44 und in die zweite Anschlagstellung 46 gebracht. Dies erfolgt vorzugsweise gesteuert über Unterdruckbeaufschlagung und Druckluftbeauf-

15 schlagung durch eine Druck- und Zugvorrichtung 59. Dazu ist eine kardanisch aufgehängte Druckglocke 58 vorgesehen, über die auf den Rotor 14 mittels Druckluft aus einem Druckzylinder ein Druck ausübar ist, um diesen gegen den Stator 12 zu drücken und damit die zweite Anschlagstellung 46 des Rotors 14 relativ zum Stator 12 zu erreichen. Ferner kann über die Druckglocke 58 20 eine Unterdruckbeaufschlagung des Rotors 14 erzielt werden, um diesen von dem Stator 12 wegzuziehen und damit die erste Anschlagstellung 44 zu erreichen.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Die Druckglocke 58 umfaßt eine ringförmige Kammer 60, welche mit einem vorderen Ende an dem Rotor 14 positionierbar ist, um so eben auf diesen relativ zu dem Stator 12 eine Kraft ausüben zu können. Diese Kammer 60 ist mit Anschlüssen 62 versehen, über die Druckluft in die Kammer 60 einkoppelbar

5 ist bzw. eine Unterdruckbeaufschlagung der Kammer 60 erreichbar ist.

Um die axiale Position des Rotors 14 relativ zum Stator 12 und damit die axiale Position der Welle 20 in der Lageraufnahme 22 messen zu können, ist ein Abstandssensor 64 vorgesehen, welcher ortsfest bezüglich der Haltevorrichtung

10 50 positioniert ist und dessen Gesichtsfeld auf eine Oberfläche des Rotors 14 ausgerichtet ist. Eine axiale Verschiebung des Rotors 14 relativ zu dem Stator 12 äußert sich dann in einer relativen axialen Verschiebung des Rotors 14 zu dem Abstandssensor 64, so daß diese Verschiebung meßbar ist.

15 Erfindungsgemäß wird nun wie folgt vorgegangen:

Der Elektromotor 10 wird ohne externe Kraftausübung mit einer Meßdrehzahl, welche vorzugsweise seiner Nenndrehzahl entspricht, betrieben. Es stellt sich dann eine bestimmte Abhebeposition des Rotors 14 relativ zum Stator 12 ein,

20 welche den Elektromotor 10 charakterisiert. Der Abstandssensor 64 mißt ein Signal 66 (Figur 3), welches ein Maß für diese Flughöhe oder Abhebehöhe ist.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Anschließend wird der Rotor 14 in die erste Anschlagstellung 44 gezogen, d. h. der Rotor 14 wird so positioniert, daß die Druckscheibe 28 an einer Begrenzungswand des ersten Bereichs 32 der Lageraufnahme 22 anliegt. Bei der Herstellung dieser ersten Anschlagstellung 44 rotiert der Rotor 14 nicht, d. h. der

5 Elektromotor 10 ist in einem Nicht-Betriebszustand. Die Überführung in die erste Anschlagstellung 44 erfolgt auf definierte Weise.

Durch Unterdruckbeaufschlagung wird der Rotor 14 definiert von dem Stator 12 abgehoben, und der Rotor 14 in die erste Anschlagstellung 44 gezogen.

10 Dieser Übergang wird bei Stillstand des Elektromotors 10 durchgeführt. Es kann vorgesehen sein, daß die Unterdruckbeaufschlagung gepulst erfolgt.

Der Abstandssensor 64 liefert dann ein Signal 68, welches durch die erste Anschlagstellung 44 charakterisiert ist.

15 Anschließend wird - gegebenenfalls nach Entlüftung der Kammer 60 - gepulst Druckluft in die Kammer 60 eingebracht. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn pro Minute sechs bis sieben Luftstöße verwendet werden, um die zweite Anschlagstellung 46 zu erreichen. Der Abstandssensor 64 liefert ein Signal 70,

20 welches die zweite Anschlagstellung 46 charakterisiert.

Die Reihenfolge der Überführung in die erste Anschlagstellung 44 und zweite Anschlagstellung 46 kann auch vertauscht sein.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Aus der Differenz zwischen den Signalen 68 und 70, die Abstandssignale sind, läßt sich das axiale Spiel ermitteln. Die Signale 68 und 70, welche bei Stillstand des Elektromotors 10 gemessen werden, charakterisieren die beiden Grenzfälle der axialen Position des Rotors 14 relativ zum Stator 12.

5

Bezogen auf die Signale 68 bzw. 70 läßt sich dann aus dem Signal 66 die Flughöhe des Rotors 14 relativ zum Stator 12 ermitteln, um so den Elektromotor 10 zu charakterisieren.

10 Wenn die Welle 20 über den Rotor 14 kraftbeaufschlagt ist, dann äußert sich dies in einer elastischen Verformung der Welle 20 bzw. der Grundplatte 40. Diese elastische Verformung ist in den Signalen 66, 68, 70 des Abstandssensors 64 enthalten, wobei sie jedoch keinen Beitrag zum axialen Spiel und zu der Flughöhe liefert. Die Meßergebnisse müssen deshalb um die Verformung korrigiert werden; der Verformungssensor 54 stellt Signale bereit, welche Informationen über die Verformung enthalten und dadurch einer derartigen Korrektur dienen können.



20 In der ersten Anschlagstellung 44 wird durch Hochziehen des Rotors 14 relativ zum Stator 12 auf die Welle 20 eine Kraft in Richtung der Hochziehrichtung ausgeübt. Dadurch wird die Grundplatte 42 in der gleichen Richtung verformt, so daß der Abstand zwischen dem Verformungssensor 54 und der Grundplatte 42 mindestens im Bereich der Projektion 56 erhöht wird. Der Verformungssensor 54 liefert also ein Signal 72 mit einem Signalabstand zu einer Normallinie 74; die Differenz zur Normallinie 74 zeigt eine Vergrößerung des Abstands



A 57 119 t
11. April 2003
t-241

zwischen Verformungssensor 54 und Grundplatte 42 an. Das Signal 68 muß entsprechend korrigiert werden, um die erste Anschlagstellung 44 mit hoher Genauigkeit zu erhalten.

- 5 Wird umgekehrt die zweite Anschlagstellung 46 gehalten, indem der Rotor 14 gegen den Stator 12 gedrückt wird, dann wird auf die Welle 20 eine Kraft in der Druckrichtung ausgeübt. Dies äußert sich in einer Verformung der Grundplatte 42 in dieser Richtung. Dadurch wiederum wird der Abstand zwischen der Grundplatte 42 mindestens im Bereich der Projektion 56 und dem Verformungssensor 54 verringert, was sich in einem entsprechenden Signal 76 äußert, das einen Abstand zu einer Normallinie 78 aufweist. Durch Korrektur des zweiten Signals 70 um den Abstand des Signals 76 zu der Normallinie 78 lässt sich dann die zweite Anschlagstellung 46 hochpräzise bestimmen.
- 10
- 15 Über die Korrektur mittels der Signale 72, 76 des Verformungssensors 54 lässt sich dadurch hochpräzise die erste Anschlagstellung 44 und die zweite Anschlagstellung 46 bestimmen, um so wiederum die Flughöhe und das axiale Spiel bestimmen zu können.
- 20 Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung lässt sich mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hochpräzise und definiert die Flughöhe der Welle 20 in der Lageraufnahme 22 ermitteln, wobei sich auch Flughöhen in der Größenordnung von 10 μm und kleiner ermitteln lassen. Über die Meßvorrichtung 48

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

läßt sich sowohl die Flughöhe als auch das axiale Spiel ermitteln; die Messungen weisen eine hohe Reproduzierbarkeit mit hoher Genauigkeit und kurzen Meßtaktzeiten auf.

5 Oben wurde das erfindungsgemäße Meßverfahren im Zusammenhang mit einem fluidgelagerten Rotor beschrieben. Es läßt sich für kugelgelagerte Rotoren einsetzen.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

B E Z U G S Z E I C H E N L I S T E

10	Elektromotor
12	Stator
14	Rotor
16	Achse
18	Fluidlager
20	Welle
22	Lageraufnahme
24	Lagerspalt
26	Struktur
28	Druckscheibe
30	Widerlager
32	erster Bereich
34	zweiter Bereich
36	Magnet
38	Magnetfelderzeugungseinrichtung
40	Wicklung
42	Grundplatte
44	erste Anschlagstellung
46	zweite Anschlagstellung

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

48	Meßvorrichtung
50	Haltevorrichtung
52	Bereich
54	Verformungssensor
56	Projektion
58	Druckglocke
59	Druck- und Zugvorrichtung
60	Kammer
62	Anschluß
64	Abstandssensor
66	Signal
68	Signal
70	Signal
72	Signal
74	Normallinie
76	Signal
78	Normallinie

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Meßverfahren an einem Elektromotor mit Rotor und Stator zur Ermittlung von Abhebehöhe und/oder axialem Spiel, wobei der Rotor an dem Stator gelagert und insbesondere fluidgelagert ist,
dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor mit einer definierten Meßdrehzahl betrieben wird, bei welcher der Rotor sich relativ zum Stator in einer bestimmten axialen Position befindet, wobei diese relative axiale Position bestimmt wird, daß der Rotor bei Motorstillstand definiert in eine erste Anschlagstellung relativ zum Stator gebracht wird, daß der Rotor bei Motorstillstand definiert in eine der ersten Anschlagstellung gegenüberliegende zweite Anschlagstellung relativ zum Stator gebracht wird, und daß in den beiden Anschlagstellungen jeweils die relative axiale Position zwischen Rotor und Stator gemessen wird.
2. Meßverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßdrehzahl im wesentlichen der Nenndrehzahl des Elektromotors entspricht.
3. Meßverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionsmessung mittels eines oder mehreren Abstandssensoren erfolgt.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

4. Meßverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator ortsfest gehalten wird und die relative axiale Position zwischen Stator und Rotor gemessen wird.
5. Meßverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der relativen axialen Position zwischen Stator und Rotor ein ortsfester Abstandssensor vorgesehen wird.
6. Meßverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der entsprechenden Anschlagstellung der Rotor gegen den Stator gedrückt wird.
7. Meßverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Andrücken des Rotors gegen den Stator mittels Druckluft erfolgt.
8. Meßverfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Luftpulse zum Andrücken des Rotors gegen den Stator eingesetzt werden.
9. Meßverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß weniger als zehn Pulse pro Minute verwendet werden.
10. Meßverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der entsprechenden Anschlagstellung der Rotor vom Stator weggezogen wird.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

11. Meßverfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor über Unterdruckbeaufschlagung vom Stator weggezogen wird.
12. Meßverfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß über eine Druckglocke der Rotor vom Stator weggezogen wird.
13. Meßverfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckglocke kardanisch aufgehängt wird.
14. Meßverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformung eines in den Anschlagstellungen kraftbeaufschlagten Teils des Elektromotors gemessen wird.
15. Meßverfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abstandssensor zur Verformungsmessung vorgesehen wird.
16. Meßverfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungs-Abstandssensor koaxial zu einer zentralen Achse einer Welle des Elektromotors oder so in einem Abstand zu dieser angeordnet ist, daß sein Gesichtsfeld in einer Projektion der Anschlagfläche der Welle in einer Lageraufnahme für die Welle liegt.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

17. Meßverfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungs-Abstandssensor auf eine Grundplatte des Stators ausgerichtet ist.
18. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gesichtsfeld des Verformungs-Abstandssensors in Gegenrichtung zu einem Gesichtsfeld eines Abstandssensors zur Ermittlung der relativen Position zwischen Rotor und Stator ist.
19. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestimmung der Abhebehöhe und/oder des axialen Spiels der Welle mittels Anschlagstellungen die Verformung der Anschlagflächen aufgrund Kraftausübung berücksichtigt wird.
20. Meßverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst der Elektromotor bei einer bestimmten Meßdrehzahl betrieben wird, dann bei Motorstillstand der Rotor vom Stator zur Einstellung der ersten Anschlagstellung weggezogen wird und anschließend zur Einstellung der zweiten Anschlagstellung der Rotor gegen den Stator gedrückt wird.
- 21 Meßverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst der Elektromotor bei einer bestimmten Meßdrehzahl betrieben wird, dann bei Motorstillstand der Rotor zur Einstellung der

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

zweiten Anschlagstellung gegen den Stator gedrückt wird und anschließend bei Motorstillstand der Stator vom Rotor zur Einstellung der ersten Anschlagstellung weggezogen wird.

22. Meßvorrichtung für einen Elektromotor (10), mittels der eine axiale Position eines an einem Stator (12) gelagerten und insbesondere fluid-gelagerten Rotors (14) ermittelbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Druck- und Zugvorrichtung (59) vorgesehen ist, mittels der der Rotor (14) und der Stator (12) relativ zueinander definiert in eine erste axiale Stellung bringbar sind, in welcher der Rotor (14) in einer ersten Anschlagstellung (44) relativ zum Stator (12) anliegt, und in eine zweite Anschlagstellung bringbar sind, in welcher der Rotor (14) in einer gegenüberliegenden zweiten Anschlagstellung (46) relativ zum Stator (12) liegt.
23. Meßvorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Druck- und Zugvorrichtung (59) gepulst betreibbar ist.
24. Meßvorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (10) über die Druck- und Zugvorrichtung (59) mittels Druckluft beaufschlagbar ist.
25. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (10) über die Druck- und Zugvorrichtung (59) mit Unterdruck beaufschlagbar ist.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

26. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Druck- und Zugvorrichtung (59) eine Druckglocke (58) zum Wegziehen des Rotors (14) vom Stator (12) umfaßt.
27. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Druck- und Zugvorrichtung (59) einen Druckzylinder zum Herstellen einer Anpreßkraft des Rotors (14) gegen den Stator (12) umfaßt.
28. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Druck- und Zugvorrichtung (59) kardanisch aufgehängt ist.
29. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abstandssensor (64) zur Ermittlung der relativen axialen Position zwischen Stator (12) und Rotor (14) vorgesehen ist.
30. Meßvorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandssensor (64) ortsfest positioniert ist.
31. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verformungssensor (54) zur Ermittlung der Verformung eines über die Druck- und Zugvorrichtung (59) kraftbeaufschlagten Bereichs des Elektromotors (10) vorgesehen ist.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

32. Meßvorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungssensor (54) einen Abstandssensor umfaßt.
33. Meßvorrichtung nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungssensor (54) ortsfest positioniert ist.

A 57 119 t
11. April 2003
t-241

Z U S A M M E N F A S S U N G

Um ein Meßverfahren an einem Elektromotor mit Rotor und Stator zur Ermittlung von Abhebehöhe und/oder axialem Spiel, wobei der Rotor an dem Stator gelagert und insbesondere fluidgelagert ist, bereitzustellen, mit dem sich die axiale Position des Rotors relativ zum Stator mit hoher Genauigkeit und hoher Reproduzierbarkeit bestimmen läßt, ist vorgesehen, daß der Elektromotor mit einer definierten Meßdrehzahl betrieben wird, bei welcher der Rotor sich relativ zum Stator in einer bestimmten axialen Position befindet, wobei diese relative axiale Position bestimmt wird, daß der Rotor bei Motorstillstand definiert in eine erste Anschlagstellung relativ zum Stator gebracht wird, daß der Rotor bei Motorstillstand definiert in eine der ersten Anschlagstellung gegenüberliegende zweite Anschlagstellung relativ zum Stator gebracht wird, und daß in den beiden Anschlagstellungen jeweils die relative axiale Position zwischen Rotor und Stator gemessen wird.

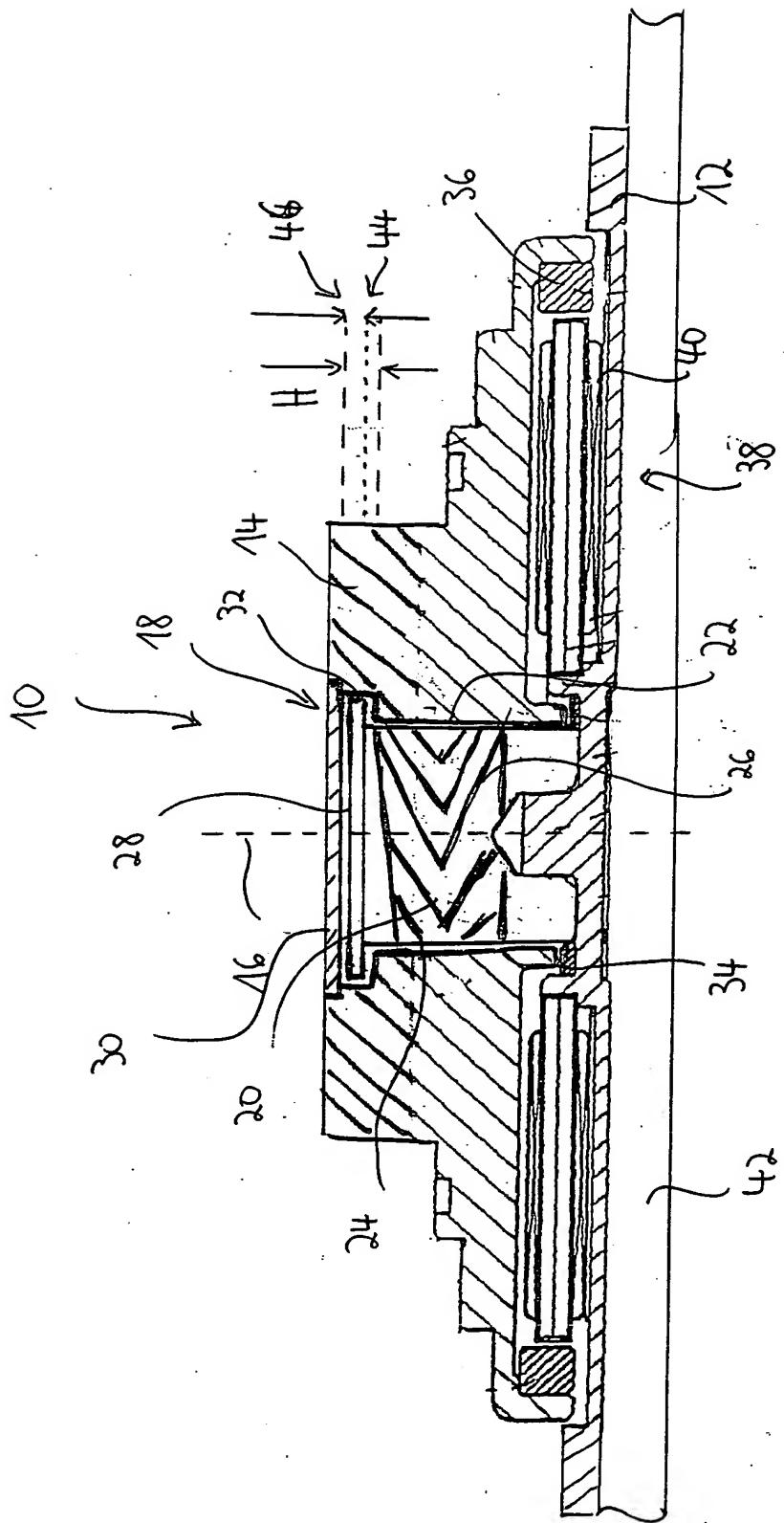


Fig. 1

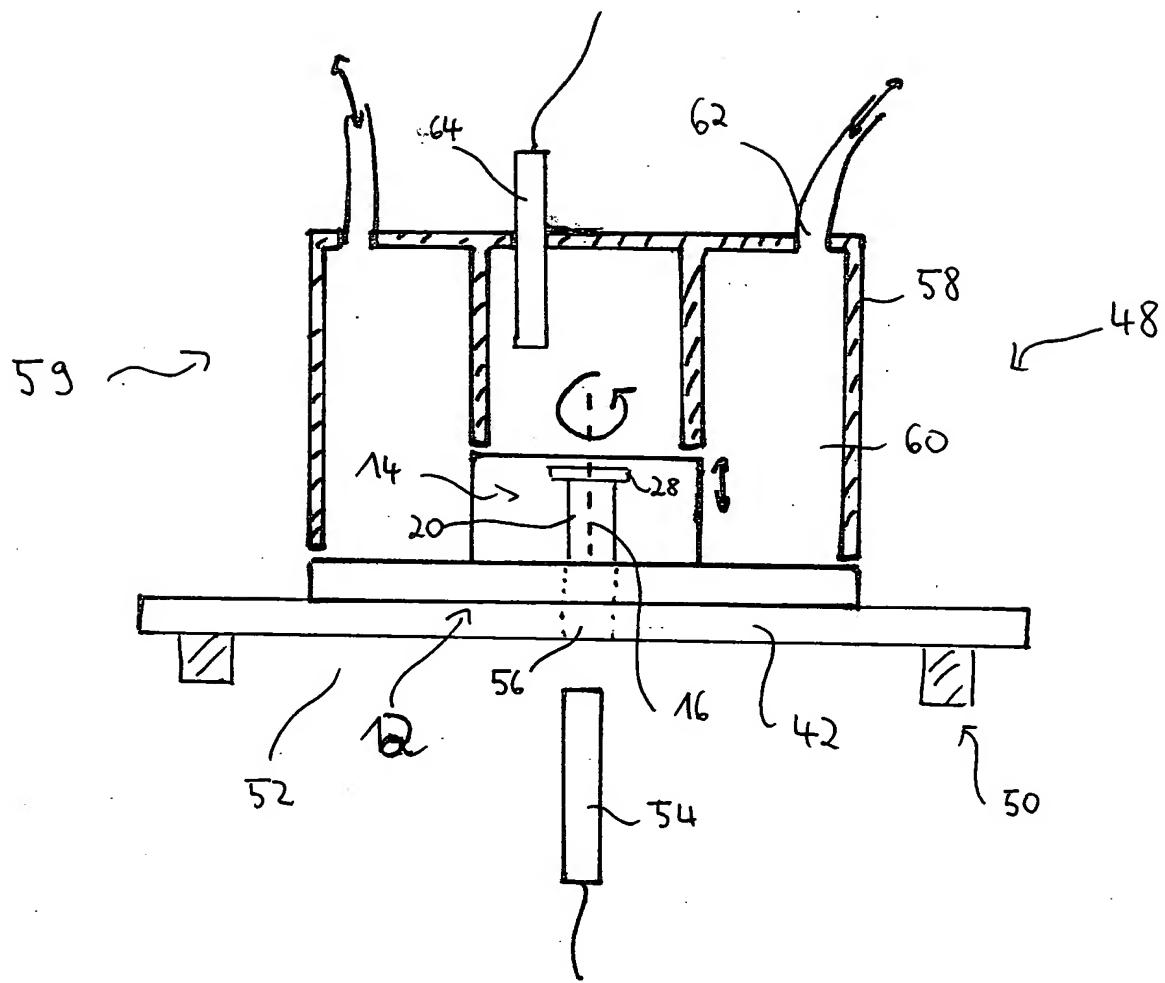


Fig. 2

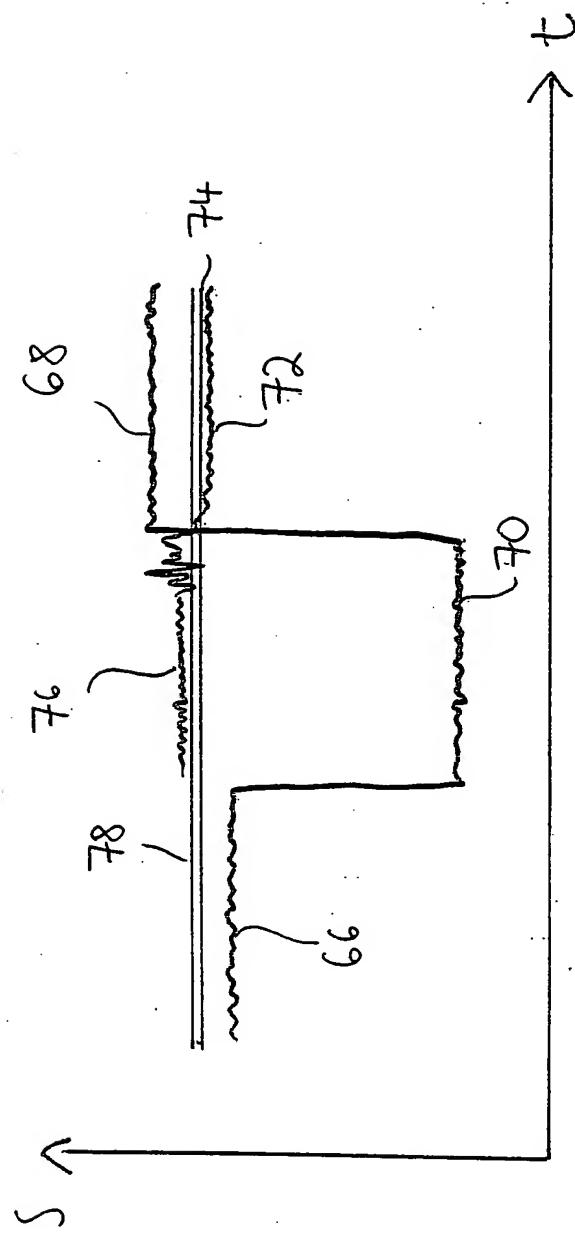


Fig. 3